

## LEGO を用いた協調学習支援システムのための操作環境の開発

野口孝文†, 千田和範†, 稲守栄†

釧路高専†

## 1. はじめに

LEGO ブロックは、モータや歯車が作られコンピュータで制御されるようになって、さまざまな教育分野で使用されるようになった。初期のシステムは、ブロックで作られた洗濯機や信号機をコンピュータと接続されたインターフェースを介して LOGO プログラムで制御するという教材であった。その後、RCX や NXT,そして EV3 といったコンピュータから独立して動作することができるコントローラが提供されるようになった。これらのコントローラによって、コンピュータとケーブルを介した接続が不要になり、自動車やロボットなど自由に動き回る作品を作ることができるようになった。

我々も LEGO を初心者プログラミング教育に利用してきた。しかし初期のころからコンピュータで直接制御することにこだわり、これらのコントローラもコンピュータにケーブル接続した状態で利用してきた[1]。コンピュータ上の制御プログラムで直接 LEGO ブロックを制御することで、センサーの値をコンピュータ上で確認したり、プログラムの変更を即座に確認したりすることができるからである。初心者にとって、操作に対してシステムが即座に反応することが、プログラムの理解に欠かせないと考えているからである。

本論では、最新のコントローラ EV3 が Wi-Fi で簡単にコンピュータと接続することができるようになったことにより可能になった、柔軟な協調学習環境の構築について述べる。

## 2. これまでの学習環境

## 2.1 LEGO の制御環境とプログラム

図 1 は、我々の開発してきた IntelligentPad を用いて、LEGO で作った洗濯機を制御する様子を示している。IntelligentPad は、パッドと呼ばれるオブジェクトをダイナミックに組み合わせたり、変更したりできるシステムである。パッドは、ディスプレイ上に可視化され、マウスによる直接操作でパッドを自由に組み合わせる



図 1 初期の LEGO システムの制御の様子

ことができる。パッド同士の結合は、標準化されたスロットの結合によって行い、様々な合成パッドを作ることができる。図 1 は 20 年以上前のシステムで初期の LEGO システムをワークステーション上の IntelligentPad から状態遷移図に従って制御している様子を示している。

## 2.2 NXT を用いた実習環境

図 2 は、我々が開発してきた学生実験のシステムである。LEGO (NXT) を制御するプログラムをコンポーネント化し、制御プログラムも部品の組み合わせで作成している。このシステムでは、多様なレベルの学習者に対応するために、通信機能や表示機能の部品を与えることで、学習者が制御プログラム作成に集中できるようにしている。

プログラミングは C 言語を用いているが、図 1 に示した状態遷移図を用いた制御の考えに基づいてプログラムを作成している。本システムを用いた実験の計画や実施は、容易であるが、実験を進めながら使用する機器の構成を変えていくといった、試行錯誤的な使い方には十分対応しているとは言えない。たとえば、NXT を用いた

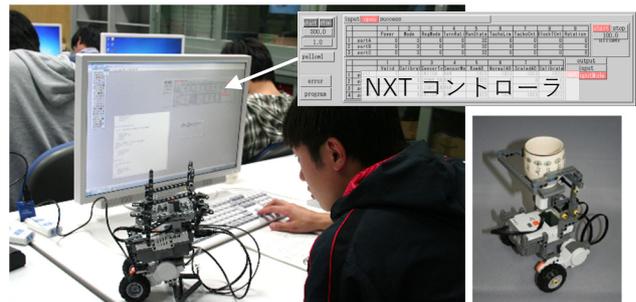


図 2 NXT を用いた実習の様子

Development of Operating Environment for Collaborative Learning Support System using LEGO

†Takafumi Noguchi, Kazunori Chida, Sakae Inamori

†National Institute of Technology, Kushiro College



図3 自由な連携が可能なシステム

複数の装置を個別に開発し、それらを統合したシステムを構成するといったときには、NXT とコンピュータ上のプログラムとの対応を改めてとる必要がある。NXT をコンピュータに接続するとデバイスドライバは自動的に組み込まれるが、アクセスのための識別番号が接続した順番によって変わってしまう可能性があるからである。この問題に対処し、協調作業も考慮したシステムについて、次の章で述べる。

### 3. IoT を用いた学習環境

#### 3.1 EV3 を用いたコントローラの IoT 化

図 3 は、これまで、授業で製作してきた LEGO による信号機とお茶運びロボットを EV3 で実現したものである。EV3 は NXT と同様に直接コマンドによる入出力制御が可能なおことに加え Wi-Fi 接続が可能になった。TCP/IP 通信機能と制御機能をもつ EV3 コントローラパッドは、EV3 を任意のコンピュータからの接続と統合を可能にする IoT 化を実現した。

NXT を用いた実験では、コンピュータと NXT との接続が、ケーブル接続であるばかりでなく USB 接続であったため、学生の作品同士の連携が簡単ではなかった。コンピュータと EV3 の接続は IP アドレスとポート番号を指定するだけで簡単にでき、他の学生の作品と協調動作させることが可能になった。我々は、IntelligentPad 上に LEGO ばかりでなく各種計測器の IoT 化も実現しており、それらの機器との連携も標準化されたスロットの結合のみで容易に行うことができる。

#### 3.2 状態遷移によるプログラムと機器の統合

本論で紹介するシステムは、すべて状態遷移図に基づいたプログラムによって制御している。初心者のプログラミングでは、状態遷移図を描きそれに対応しながらプログラムを作成するのが容易である。制御の仕方が変更されてもプログラムの記述の仕方が変わらないからである。

状態遷移図に対応した LEGO 制御のプログラムは、大きく 3 つのブロックに分けることができる。①センサー等からの入力があるごとに、状態に応じたプログラムに分岐させるプログラム、②出力プログラム、③状態に応じた処理のプログ

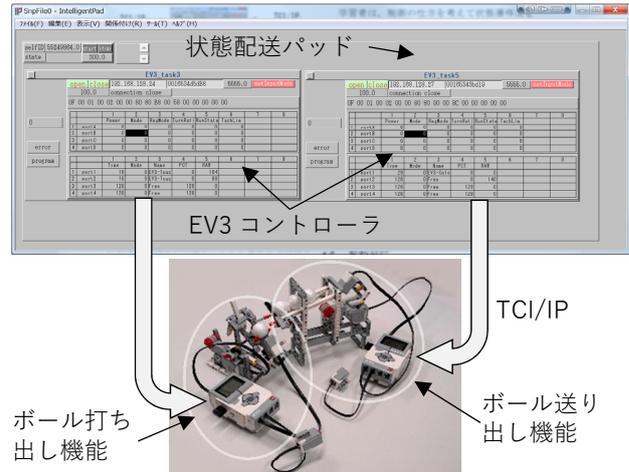


図4 「状態」の共有による連携動作

ラム (関数) である。③の関数では、入力値に応じた状態の変更と出力プログラムに渡す値を作る。学習者は、制御の仕方を考えて状態遷移図を描き、それに対応して分岐のプログラムと状態に応じた処理の関数を作るという順序で、制御プログラムを完成することができる。

EV3 を制御するシステムを統合するときには、他方の「状態」を入力値と同様に扱うことで統合することができる。図 4 は、個別に作成したボールを送り出す機能を持つシステム (右) とボールを飛ばすシステム (左) を連携して動作させているところを示している。制御プログラムの統合は、台紙になる状態配送パッドの上にそれぞれ開発したパッドを乗せることで、それぞれの制御プログラムの「状態」を共有できるようにしている。それぞれのプログラムは入力値に応じた条件に、他のシステムの「状態」を付加するという最小限の変更で実現できている。

### 4. おわりに

本論では、IoT 化された LEGO EX3 をコンピュータ上のパッドオブジェクトで制御するシステムについて紹介した。本システムは、複数の学習者がそれぞれ製作したシステムを容易に統合することを可能にした。さらに、本研究に関連して様々な計測器の IoT 化とパッドによる制御も実現しており、それらの機器と組み合わせることで多様な学習ができる環境を実現した。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費基盤研究 (C) (一般) (16K01150) を受け推進している。

#### 参考文献

[1] 野口孝文, 佐藤英樹, 稲守栄, "電子計算機基礎教育のための実習システムの開発と実践", 教育システム情報学会研究報告, Vol.28, No.2, pp.95-98, 2013.